

PERANCANGAN *REFRIGERATED SEA WATER* (RSW) SISTEM KERING PADA KAPAL IKAN KAYU LAPIS FIBER 58 GT DENGAN KAPASITAS PALKA 45 M³

Riki Effendi*, Indra Setiawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat, DKI Jakarta, Indonesia

*Email: riki.effendi@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Ikan adalah komoditi yang tidak tahan lama dan mudah rusak jika ditempatkan di ruang terbuka. Oleh karena itu, para nelayan menggunakan es untuk mendinginkan ikan agar tetap segar. Akan tetapi, cara ini tidak efektif dan efisien karena es cepat mencair, sehingga diperlukan teknologi refrigerasi. Perancangan *refrigerated sea water* (RSW) ini bertujuan agar dapat digunakan untuk mendinginkan ikan sebagai pengganti es dan mendapatkan sistem pendinginan ikan pada kapal penangkap ikan yang sesuai dengan ukuran palka kapal. Metode yang digunakan dengan observasi lapangan, wawancara dan studi literatur, kemudian dilakukan pengolahan dan analisis data. Dalam perancangan RSW pada kapal ikan kayu lapis fiber 58 GT didapatkan sistem refrigerasi yang dipakai adalah sistem refrigerasi kompresi uap, data ruang pendinginan dengan total volume palka 45 m³, menggunakan *refrigeran* R-22. Jenis kompresor yang digunakan adalah kompresor torak dengan daya kompresor 40 HP, jenis kondensor *shell* dan *tube*, beban pendinginan $3,7 \times 10^5$ kcal/hours. Untuk evaporator menggunakan jenis evaporator kering, susunan *zig-zag*, bahan pipa pipa galvanis dengan diameter luar pipa 0,0095 m, diameter dalam 0,0035 m, tebal pipa 0,003 m, jumlah pipa 30 batang, panjang pipa 6 m. Untuk katup ekspansi yang digunakan adalah jenis pipa kapiler. Adapun unjuk kerja atau COP (*Coeffisient Of Performance*) dari perancangan yang didapat adalah sekitar 4,5078.

Kata kunci : *Refrigerasi, Refrigerated Sea Water (RSW), Kapal Ikan, Palka*

1. PENDAHULUAN

Perairan laut merupakan salah satu wilayah yang sangat potensial dengan berbagai jenis komoditas yang dihasilkan, antara lain: ikan, udang, kerang, tiram, kepiting, tripang, cumi-cumi, rumput laut, dan sebagainya. Ikan yang dihasilkan dari perairan laut lebih banyak dikenal daripada komoditas perikanan lainnya karena ikan paling banyak dikenal, ditangkap, dan dikonsumsi.

Ikan dan produk perikanan lainnya merupakan bahan pangan sumber hewani yang relatif murah harganya dibandingkan dengan sumber-sumber protein lainnya, seperti: daging sapi, ayam, susu, dan telur. Semakin bertambahnya kesadaran masyarakat mengenai betapa pentingnya konsumsi ikan sehingga membuat

kebutuhan akan ikan bertambah. Oleh karena itu, para nelayan berusaha untuk memenuhi banyaknya permintaan akan ikan khususnya permintaan hasil tangkapan ikan segar. Namun tidak sedikit kendala yang dialami oleh para nelayan dalam usaha penangkapan ikan, yaitu salah satunya tetap mempertahankan kesegaran ikan hasil tangkapan karena jika saat ikan hasil tangkapan sampai di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) kelihatan tidak segar atau busuk maka akan mengurangi harga jual ikan tersebut.

Perbedaan harga ini memotivasi nelayan untuk mengupayakan agar kesegaran ikan dapat dipertahankan. Penanganan hasil tangkapan secara konvensional yaitu dengan menggunakan es balok (es batu) tidak menunjukkan

upaya yang optimal, sehingga harus ada upaya yang optimal melalui teknologi seperti sistem pendingin menggunakan air laut atau *Refrigerated Sea Water* (RSW).

2. METODE PERANCANGAN

a. Sistem Refrigerasi

Secara umum, prinsip refrigerasi adalah proses penyerapan panas dari dalam ruangan yang tertutup kedap lalu memindahkan serta mengenyahkan panas keluar dari ruangan tersebut. Proses merefrigerasi ruangan tersebut perlu tenaga atau energi, energi yang paling cocok untuk refrigerasi adalah tenaga listrik untuk menggerakkan kompresor unit refrigerasi.

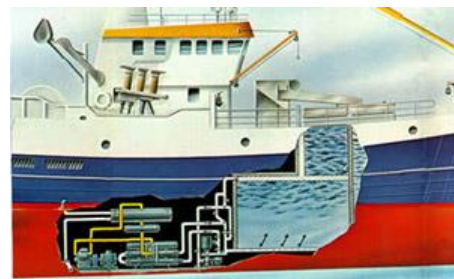
Refrigerasi memanfaatkan sifat-sifat panas (termal) dari refrigeran selagi bahan itu berubah keadaan dari bentuk cair menjadi gas dan sebaliknya dari gas menjadi cair. Sistem refrigerasi yang menghasilkan pendinginan dikelompokkan ke dalam beberapa kategori utama, antara lain: Siklus kompresi uap, Siklus absorpsi, dan Siklus gas ekspansi.

b. *Refrigerated Sea Water*

Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) adalah sistem pendinginan untuk kapal ikan. Pada prinsipnya air laut disirkulasikan oleh pompa melalui tangki dan sistem pendingin, air laut didinginkan oleh pendinginan mesin sebelum memasuki tangki di bagian bawah dan didistribusikan secara merata melalui plat berlubang.

RSW didesain khusus dengan sistem pendingin kering dan basah serta fleksibel diterapkan pada kapal penangkap ikan dengan ukuran 30 GT ke atas. RSW juga tidak memakan banyak tempat di dalam kapal, karena hanya berukuran sekitar 2,5 x 3 meter. Alat ini memiliki beberapa pipa kapiler yang menyedot air laut untuk selanjutnya diolah hingga menjadi air dingin dan dihubungkan dengan palka

tempat penyimpanan ikan. Dengan adanya alat pendingin, penurunan suhu akan berlangsung cepat, sehingga tingkat kesegaran ikan akan lebih lama. Selain itu, RSW akan membuat trip lebih efektif karena tak perlu lagi membawa es balok dengan jumlah banyak.



Gambar 1. Sistem *Refrigerated Sea Water*

c. Perhitungan Sistem Refrigerasi

Perhitungan dalam sebuah sistem refrigerasi standar dengan sistem tertutup adalah:

Coefficient Of Performance (COP)

COP merupakan nilai keefektifan dari suatu sistem refrigerasi karena membandingkan nilai *output* dengan kerja yang dilakukan. Nilai *output* suatu sistem merupakan kalor yang diserap oleh evaporator, dan kerja yang dilakukan oleh kompresor.

$$\text{COP} = Q_{\text{evaporator}} / W_{\text{kompresor}} \quad 1)$$

Daya kompresor

$$W_{\text{in}} = m (h_2 - h_1) \quad 2)$$

Kalor yang dibuang kondensor

$$Q_{\text{kondensor}} = m (h_2 - h_3) \quad 3)$$

Kapasitas pendinginan

$$Q_{\text{evaporator}} = m (h_4 - h_1) \quad 4)$$

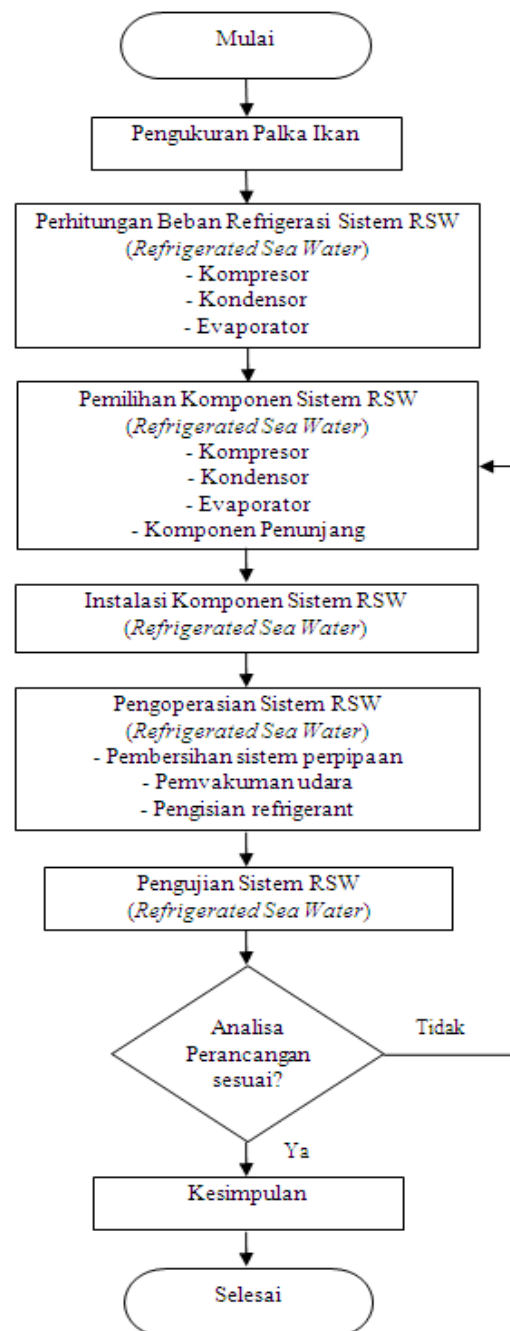
Expansion device

$$Q - W = m (h_4 - h_3) \quad 5)$$

$$0 = m (h_4 - h_3)$$

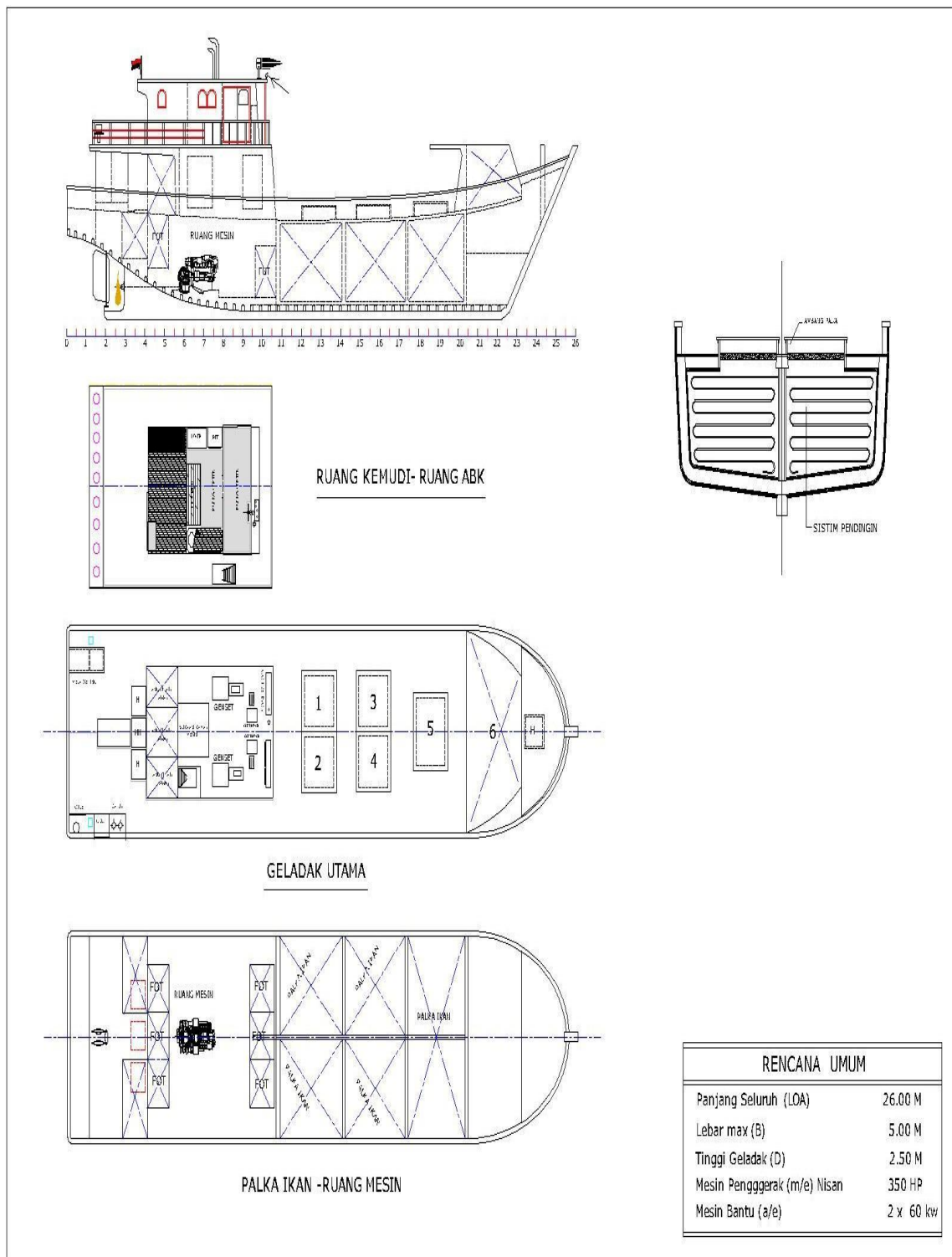
$$h_4 = h_3$$

d. Diagram Alir (Flowchart) Perancangan Sistem *Refrigerated Sea Water*



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW)

e. Spesifikasi Kapal Ikan



Gambar 3. Layout Desain Kapal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengukuran Kapasitas Palka

Berdasarkan pengukuran dimensi kapal yang telah dilakukan maka dapat dihitung

luas permukaan, volume bersih, dan kapasitas penyimpanan palka.

Tabel 1. Luas Permukaan Palka

Palka	p (m)	l (m)	t (m)	Luas (m ²)
1	2,0	2,3	1,5	22,1
2	2,0	2,3	1,5	22,1
3	2,0	2,2	1,4	20,56
4	2,0	2,2	1,4	20,56
5	1,9	4,2	1,3	31,82
6	1,5	3,5	1,6	26,5
Total Luas Permukaan Palka (m²)				143,64

Tabel 2. Volume Kotor Palka

Palka	p (m)	l (m)	t (m)	V _u (m ³)
1	2,0	2,3	1,5	6,9
2	2,0	2,3	1,5	6,9
3	2,0	2,2	1,4	6,16
4	2,0	2,2	1,4	6,16
5	1,9	4,2	1,3	10,374
6	1,5	3,5	1,6	8,4
Total Volume Kotor Palka				44,894

Tabel 3. Volume Bersih Palka

Palka	V _u (m ³)	K	V _b (m ³)
1	6,9	0,9	6,21
2	6,9	0,9	6,21
3	6,16	0,9	5,544
4	6,16	0,9	5,544
5	10,374	0,9	9,3366
6	8,4	0,9	7,56
Total Volume Bersih Palka			40,4046

Tabel 4. Kapasitas Penyimpanan Palka

Palka	V_b (m ³)	Faktor penyimpanan (ton/m ³)	Kapasitas (ton)
1	6,21	0,561	3,48
2	6,21	0,561	3,48
3	5,544	0,561	3,11
4	5,544	0,561	3,11
5	9,3366	0,561	5,24
6	7,56	0,561	4,24
Total Kapasitas Penyimpanan Palka			22,66

b. Perhitungan Beban Panas Yang Diterima Palka

Bagian palka yang mempunyai kemungkinan adanya penerobosan panas terbesar adalah dinding utama dan atap kapal. Palka yang dipisahkan oleh sekat membujur dan melintang mempunyai perbedaan suhu yang relatif kecil sehingga laju pengaliran panasnya juga kecil. Kecuali palka 1 dan 2 yang berbatasan

langsung dengan ruang mesin. Dengan demikian palka tersebut mempunyai aliran panas dari tiga sumber yaitu dinding, atap, dan sekat melintang. Besarnya beban penerimaan panas melalui bagian ini disebut juga laju pengaliran panas yang dinyatakan dalam satuan kkal/jam.

Tabel 5. Koefisien Menyeluruh Pengaliran Panas

Bagian	k (kkal/jam.m °C)	x (m)	x/k
Sekat Melintang	0,034	0,01	0,29
	0,15	0,05	3
	0,025	0,04	0,625
		1/f _o	0,610
		1/f _i	0,610
U (kkal/m² h °C)		0,19	
Dinding Utama	0,034	0,01	3,4
	0,15	0,1	1,5
	0,025	0,04	0,625
		1/f _o	0,15
		1/f _i	0,610
U (kkal/m² h °C)		0,16	
Atap Palka	0,034	0,01	0,29
	0,15	0,05	3
	0,025	0,04	0,625
		1/f _o	0,15
		1/f _i	0,610
U (kkal/m² h °C)		0,24	

Tabel 6. Beban Penerimaan Panas Melalui Dinding dan Atap Palka

Palka	Bagian Yang Diterobos	U (kcal/m ² jam °C)	Δt (°C)	A (m ²)	Q ₁ (kcal/jam)
1	Sekat melintang	0,19	50	3,45	32,775
	Dinding Utama	0,16	50	3	24
	Atap	0,24	50	4,6	55,2
	Q _{total}				111,975
2	Sekat melintang	0,19	50	3,45	32,775
	Dinding Utama	0,16	50	3	24
	Atap	0,24	50	4,6	55,2
	Q _{total}				111,975
3	Dinding Utama	0,16	50	2,8	22,4
	Atap	0,24	50	4,4	52,8
	Q _{total}				75,2
4	Dinding Utama	0,16	50	2,8	22,4
	Atap	0,24	50	4,4	52,8
	Q _{total}				75,2
5	Sekat melintang	0,19	50	5,46	51,87
	Dinding Utama	0,16	50	2,47	19,76
	Atap	0,24	50	7,98	95,76
	Q _{total}				167,39
6	Dinding Utama	0,16	50	2,4	19,2
	Atap	0,24	50	5,25	63
	Q _{total}				82,20

b. Pemilihan Komponen Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW)

Pemilihan Kompresor

Kompresor yang digunakan adalah kompresor jenis torak, kebutuhan daya disesuaikan dengan besarnya beban pendinginan secara keseluruhan yaitu 370.431,92 kcal/h.

Spesifikasi kompresor yang digunakan yang sesuai dengan yaitu:

- Kompresor Dorin Type 2Q-80VS
- Kapasitas 40 HP



Gambar 4. Kompresor Dorin Type 2Q-80VS

Pemilihan Kompresor

Untuk menentukan kondensor, perlu menghitung beban panas yang dikondensasi. Luas pipa yang dibutuhkan

untuk proses kondensasi yaitu 29,55 m². Spesifikasi kondensor yang digunakan yaitu: Kondensor Bitzer Type K2923TB.



Gambar 5. Kondensor Bitzer

Pemilihan Evaporator

Pipa evaporator yang digunakan dalam perancangan ini adalah pipa galvanis dan dimensinya akan diasumsikan berdasarkan berdasarkan ukuran pipa yang sudah tersedia di pasaran.

Spesifikasi Evaporator yang digunakan yaitu:

Pipa Spindo ASTM 53 Grade A SCH 40 dengan ukuran diameter 0,25 m dan panjang 6 m.



Gambar 6. Pipa Spindo ASTM 53

Pipa-pipa tersebut dibentuk *zig-zag* dengan celah 150 mm.



Gambar 7. Bentuk pipa evaporator di dalam palka

Pemilihan Pengering

Pada perancangan sistem *Refrigerated Sea Water* ini menggunakan *receiver drier* yang berfungsi untuk menampung refrigeran cair. *Receiver drier* ini dilengkapi dengan *sight glass* dan *filter*.

Pemilihan Katup Ekspansi

Pada perancangan sistem RSW ini menggunakan jenis pipa kapiler dengan panjang 0,5 m dan diameter 12,7 mm.



Gambar 8. Katup Ekspansi Jenis Pipa Kapiler

Pemilihan Katup Penutup

Pada perancangan sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) dibutuhkan katup penutup yang menghubungkan mesin pendingin dengan palka yang dilengkapi evaporator.

Pemilihan Kebutuhan Refrigerant

Refrigerant yang cocok untuk digunakan dalam sistem refrigerasi yang cukup besar adalah R-22 karena memiliki efek refrigerasi yang bagus dan harganya pun murah. Inilah yang sering dipakai dalam sistem perancangan *Refrigerated Sea Water* (RSW).

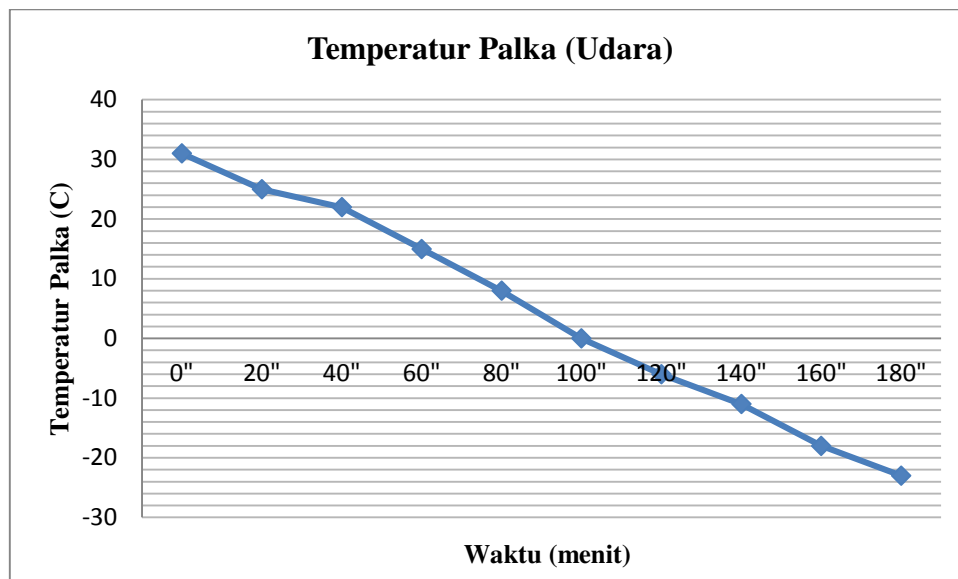
Tabel 7. Refrigeran yang dipilih

No.	Refrigerant	ODP	HGWP	Temperatur Didih	Efek Refrigerasi (kJ/kg)	COP	Safety	Harga (\$/kg)
1	R22	0.05	0.40	-40.81	162.67	4.66	A1	7.5
2	R134a	0.00	0.26	-26.074	148.03	4.6	A1	8.75
3	R404A	0.00	0,94	-46.222	114.15	4.21	A1	20.12
4	R407C	0.00	0.70	-43.627	163.27	4.5	A1	27.56
5	R507A	0.00	0.98	-46.741	110.14	4.18	A1	26.11
6	R717	0.00	0.00	-33.327	1103.14	1.76	B2	1.7

Pengujian Sistem Refrigerated Sea Water (RSW)

Pengujian yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengujian temperatur

pada palka yang dilaksanakan pada jam 08.30 WIB. Dengan temperatur ruang palka sekitar 31°C. Dari data yang didapat disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 9. Grafik Hubungan Temperatur Palka Dengan Waktu

Dari data diatas penurunan suhu membutuhkan waktu sekitar 2 jam untuk mencapai 0°C dan membutuhkan waktu sekitar 3 jam untuk mencapai suhu dalam palka -23°C dari suhu awal yaitu sekitar 31°C. Untuk tekanan tinggi mencapai 140 psi dan tekanan rendah mencapai -10 psi.

Pembuatan sistem RSW ini mendapatkan hasil pengujian:

- Temperatur awal (kondensor) : 34°C
- Temperatur akhir (evaporator) : - 25°C
- Refrigerant menggunakan R-22

Untuk menentukan koefisien prestasi atau COP (*Coeffiesient Of Performance*) menggunakan tabel penunjang yang mengacu pada refrigerant R-22 tentang sifat-sifat cairan dan uap jenuh serta diagram tentang tekanan enthalpi panas lanjut refrigerant R-22.

- $h_1 = 347,134 \text{ kJ/kg}$
- $h_3 = h_4 = 234,499 \text{ kJ/kg}$
- $h_2 = 371,5 \text{ kJ/kg}$

Dari nilai h_1 , h_2 , h_3 , h_4 dapat ditentukan dampak koefisien prestasi atau COP

(*Coeffiesient Of Performance*) dari sistem RSW ini. COP (*Coeffiesient Of Performance*) ini adalah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi yaitu 4,5708.

4. KESIMPULAN

Dalam perancangan ini didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Beban Pendinginan yaitu 370.431,92 kcal/h
- b. Kompresor yang dipakai yaitu Kompresor Doris Type 2Q-80VS dengan kapasitas 40 HP
- c. Kondensor yang digunakan yaitu Kondensor Bitzer
- d. Pipa Evaporator yang dipakai pipa Spindo ASTM A53
- e. Nilai unjuk kerja atau COP (*Coeffiesient Of Performance*) dari perancangan yang telah dibuat yaitu sekitar 4,5078
- f. Perbedaan ketebalan material yang terdapat pada bagian luar dinding palka merupakan faktor yang sangat mempengaruhi dalam menghambat aliran panas yang masuk ke palka

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Winarto. 1986. *Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB
- [2] Budiarto, Untung. dkk. *Rancang Bangun Sistem Refrigerated Sea Water (RSW) untuk Kapal Nelayan Tradisional*, Kapal, 10 : 48-57.
- [3] Clucas. 1981. *An Introduction to Fish Handling and Processing*. London: Tropical Product Institute.
- [4] Hallowell. 1980. *Cold and Freezer Storage Manual Second Edition*. West Port Connecticut: AVI Publishing Company, Inc.
- [5] Hasan, Syamsuri. dkk. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [6] Ilyas, Sofyan. 1983. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid 1 – Teknik Pendingin Ikan*. Jakarta: CV. Paripurna, Jakarta.
- [7] Ilyas, Sofyan. 1993. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid II – Teknik Pembekuan Ikan*. Jakarta: CV. Paripurna, Jakarta.
- [8] Karyanto, E. 2004. *Teknik Mesin Pendingin*. Jakarta : CV Restu Agung.
- [9] Kirana. 1997. *Proses Pembuatan Palka dan Sistem Insulasi di PT Industri Kapal Indonesia (Persero)*. Bogor : Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Program Studi Pemanfaatam Sumber Daya Perikanan.
- [10] Kusna D, Indra. dkk. 2008. *Teknik Konstruksi Kapal Baja Jilid 1 dan 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [11] Merrit, J.H. 1969. *Refrigeration on Fishing Vessel*. London : Fishing News Books Ltd.
- [12] Sumanto. 2004. *Dasar – Dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta: ANDI
- [13] Stoecker, Wilbert F dan W Jones, Jerold. 1996. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Edisi Kedua*, alih bahasa Ir. Supannanhara. Jakarta: PT. Erlangga.
- [14] Traung, J.O. 1960. *Fishing Boats of The World*. FAO: Fishing News Books United.